



KAJIAN SIFAT KEHAUSAN DAN KEKERASAN KOMPOSIT MATRIKS ALUMINIUM

JAMALIAH IDRIS¹, FARID SALIM², ZAHRULAIL SULIMAN³ & EDYNOOR
OSMAN⁴

Abstrak. Dewasa ini, bahan komposit matriks logam digunakan dengan meluas dalam sektor perindustrian terutamanya industri automotif dan pengangkutan udara. Kajian ini menekankan kepada penghasilan komposit aluminium yang ditetulang dengan 20% dan 40% partikel SiC melalui kaedah penekanan sejuk proses metalurgi serbuk. Pensinteran pada suhu 450°C dan 550°C dilakukan bagi meningkatkan sifat-sifat mekanikal spesimen yang telah dihasilkan. Objektif kajian adalah merangkumi kepada pengujian ke atas sifat kekerasan dan sifat haus spesimen yang dihasilkan. Ujian kekerasan Vickers menunjukkan Al tulen/SiC/40p yang disinter pada suhu 550°C menunjukkan nilai kekerasan yang maksimum iaitu 90.3 Hv. Sementara itu, ujian haus 'pin-on disc' juga menunjukkan bahawa Al tulen/SiC/40p memberikan sifat rintangan haus yang terbaik. Ini menunjukkan rintangan haus bertambah apabila nilai kekerasan semakin tinggi.

Kata kunci: Teknik metalurgi serbuk, pensinteran, komposit matriks aluminium, ujian kekerasan Vickers, ujian haus 'pin-on disc'

Abstract. Nowadays, metal matrix composites have been widely used in the industrial sectors especially in the automotive and aerospace applications. The present work is focused on the production of Aluminium matrix composite reinforced with silicon carbide particles (SiC) of varying weight fraction 20% and 40% using a cold compaction powder metallurgy. The sintering of the composites was carried out at 450°C and 550°C to increase the mechanical properties of the composites. The objective of this study is to investigate the relationship between hardness properties and wear properties of the specimens. A Vickers hardness test and a pin-on-disc wear test showed that the Al pure/SiC/40p composite treated at 550°C exhibited the maximum hardness value, value of 90.3 Hv and the most excellent wear resistance properties. This result showed that the wear resistance increased when the hardness value increased.

Key words: Powder metallurgy technique, sintering, Aluminium matrix composite, Vickers hardness, pin-on-disc wear test

1.0 PENGENALAN

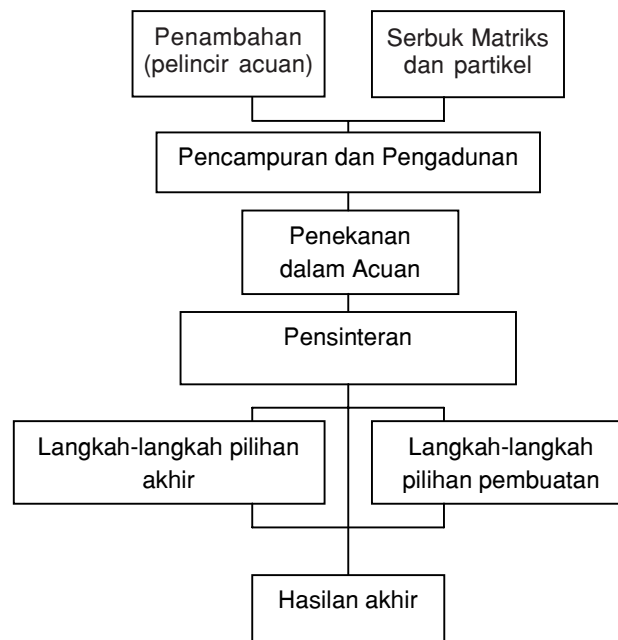
Kajian terdahulu menunjukkan bahawa komposit matriks logam mempunyai sifat mekanik yang lebih baik berbanding logam monolitik. Ini dapat dilihat daripada penghasilan komposit matriks aluminium dan komposit matriks magnesium yang sedang pesat dibangunkan secara komersial untuk kegunaan ruang angkasa, industri pengangkutan, sukan, automotif dan sebagainya. Komposit matriks logam mempunyai penggunaan yang meluas kerana komposit tersebut terdiri daripada gabungan sifat bahan matriks (bahan

¹⁻⁴ Jabatan Bahan, Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, Universiti Teknologi Malaysia 81310 Skudai, Johor.
No. tel.: 07-5534659 Fax: 07-5548762. Email : jamaliah@fkm.utm.my

yang terbanyak peratusannya) dan bahan tetulang yang tertentu [1].

Logam yang sering digunakan sebagai bahan matriks di dalam komposit matriks logam ialah seperti Al, Mg, Ni, Cu dan lain-lain. Bahan tetulangnya pula boleh didapati dalam bentuk gentian berterusan (panjang), tak berterusan (gentian pendek) dan juga partikel dengan pelbagai bentuk dan saiz. Contoh bahan tetulang yang sering digunakan di dalam komposit matriks logam adalah seperti SiC, Al₂O₃, BN, TiC dan lain-lain [2]. Bahan tetulang berbentuk partikel mempunyai saiz yang halus, lebih murah berbanding bahan tetulang yang lain dan mempunyai sifat mekanikal dan fizikal yang lebih baik seperti meningkatkan kekerasan dan kekuatan rayapan pada suhu tinggi bahan matriks [1]. Kajian terdahulu juga telah menunjukkan bahawa komposit matriks aluminium mempunyai sifat mekanikal yang baik seperti peningkatan terhadap kekuatan, ketahanan terhadap kehausan, kekuatan spesifik yang tinggi dan pengurangan pekali pengembangan haba berbanding aloi aluminium [3].

Dalam penghasilan komposit matriks logam ini, kaedah metalurgi serbuk telah digunakan untuk menghasilkan komponen yang dikehendaki. Kaedah ini mempunyai penyudahan permukaan yang lebih baik berbanding kaedah vortex dan tuangan kompo dengan peratus keliangan yang rendah, berkeupayaan menghasilkan komponen berbentuk kompleks, siap terus dan separa siap terus dan menjimatkan kos pengeluaran kerana kurang skrap dihasilkan. Metalurgi serbuk adalah salah satu kaedah pemprosesan keadaan pepejal, di mana komponen dihasilkan daripada serbuk tanpa melalui fasa cecair [4]. Serbuk logam matriks dicampur dan diadun bersama bahan tetulang sehingga seragam, campuran ini kemudian dimasukkan ke dalam acuan dan ditekan untuk mendapatkan bentuk spesimen. Rajah 1 menunjukkan carta alir



Rajah 1 Gambaran ringkas berkaitan proses metalurgi serbuk

am proses metalurgi serbuk yang digunakan untuk menghasilkan spesimen. Kajian ini menekankan sifat haus dan kekerasan komposit matriks aluminium yang dihasilkan melalui teknik metalurgi serbuk.

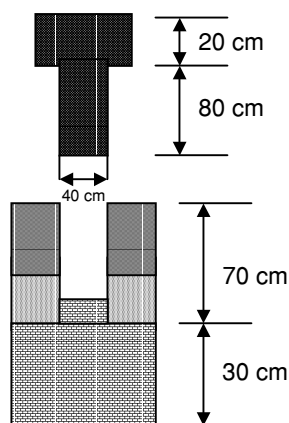
Haus boleh disimpulkan sebagai keadaan yang mana kehilangan jisim berlaku terhadap sesuatu bahan akibat daripada kesan geseran dan pembebanan yang berulang. Haus memberikan kesan buruk ke atas komponen yang dihasilkan seperti ketidak-tepatan dimensi komponen, meningkatkan faktor penumpuan tegasan dan boleh mengakibatkan komponen gagal secara lesu. Oleh sebab itu, banyak kajian telah dilakukan untuk mengetahui lebih lanjut tentang fenomenon haus ini.

Haus boleh dikategorikan kepada empat jenis utama seperti haus rekat, haus lelas, haus kimia dan haus lesu. Haus di dalam bahan logam berlaku apabila beberapa partikel bahan logam terpisah dari kedudukan asalnya di permukaan secara paksaan atau tindak balas kimia dan ia adalah keadaan tidak berbalik [5]. Semasa mereka bentuk sesuatu sistem operasi atau komponen, faktor-faktor yang menggalakkan haus perlu diambil kira untuk mengelakkan kerugian atau kerosakan terhadap komponen. Dalam kajian ini sifat haus komposit aluminium ditetulangi partikel SiC akan diuji dengan menggunakan ujian haus 'pin-on-disc'. Sifat kekerasan pula diuji dengan menggunakan mesin ujian kekerasan Vickers.

2.0 BAHAN DAN PROSEDUR UJI KAJI

2.1 Penyediaan susun atur

Proses penyediaan susun atur dilakukan dengan menggunakan bahan keluli lembut. Susun atur ini terdiri daripada acuan atas, acuan bawah, tapak acuan dan penekan. Mesin penekan hidraulik 303 MPa digunakan untuk proses penekanan sejuk. Skema proses penekanan sejuk ditunjukkan dalam Rajah 2.



Rajah 2 Skema keratan rentas susun atur yang digunakan

2.2 Penyediaan serbuk

Partikel SiC diayak menggunakan pengayak bersaiz $<20\ \mu\text{m}$ dan kemudiannya dicuci dengan menggunakan cecair aseton bagi membersihkan bendasing dan kotoran yang terdapat di dalam serbuk. Selepas dicuci, partikel SiC diprapanaskan pada suhu 500°C selama 4 jam di dalam kebuk pemanasan untuk mengelakkan berlakunya pengoksidaan.

Proses berikutnya adalah proses pencampuran dan pengadunan bahan matriks (serbuk Aluminium) yang bersaiz $38\text{--}50\ \mu\text{m}$ dan bahan tetulang (partikel SiC). Pengadunan dijalankan di dalam kempa bebola yang menggunakan bebola zirkonia dengan nisbah serbuk campuran terhadap bebola adalah 3:5. Bebola zirkonia bertindak sebagai agen perantara untuk menyeragamkan taburan partikel matriks dan tetulang. Pecahan berat partikel SiC yang digunakan ialah 20% dan 40%. Proses pengadunan ini dilakukan selama 2 jam bagi setiap komposisi partikel SiC.

2.3 Penekanan sejuk

Serbuk asid stearat disapukan pada permukaan acuan bagi memudahkan proses penekanan dengan mengurangkan geseran antara serbuk logam dengan dinding acuan serta mengelakkan spesimen melekat pada dinding acuan. Biasanya, bahan pelincir yang ditambah adalah sebanyak 0.75–1% berat [4]. Campuran bahan matriks (serbuk aluminium) dan bahan tetulang (partikel SiC) seberat 350 g dimasukkan ke dalam acuan dan dikenakan tekanan sebanyak 275 MPa. Penekanan ini dilakukan selama 15 minit untuk mendapatkan spesimen dengan kekuatan anum yang mencukupi supaya mudah dikendali dan cukup kuat jika dipegang untuk mengeluarkannya dari acuan.

2.4 Pensinteran

Pensinteran ke atas jasad anum dilakukan pada dua suhu yang telah dipilih iaitu 450°C dan 550°C selama 1 jam. Semasa proses pensinteran dijalankan, gas argon dilakukan bagi mengelak daripada berlakunya proses pengoksidaan ke atas spesimen jasad anum.

2.5 Pengujian mekanik

2.5.1 Ujian Haus

Ujian haus '*pin-on-disc*' dilakukan untuk mengkaji sifat haus spesimen yang dihasilkan. Ujian haus dijalankan terhadap spesimen yang telah dilarik dalam bentuk pin yang berdiameter 6 mm dan tinggi 10 mm [6]. Haus jenis geseran kering dilakukan ke atas setiap spesimen yang digeserkan kepada cakera besi tuang. Jadual 1 menunjukkan parameter kawalan untuk ujian haus '*pin-on-disc*' tersebut.

Jadual 1 Parameter kawalan untuk ujian haus *pin-on-disc*

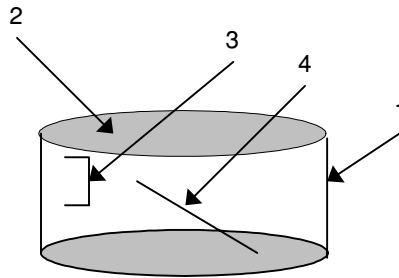
Jarak Geseran	= 2670 m
Kelajuan Geseran	= 1000 pusingan 15 minit = 66.67 ppm $= \frac{2\pi \times 66.67 \times 8.5 \times 10^{-3}}{120}$ = 0.296 ms ⁻²
Luas keratan rentas pin	$= \frac{\pi(6 \times 10^{-3})^2}{4}$ = 28.27 mm ²
Beban normal pada pin	= 10 N
Tegasan normal	$= \frac{10}{28.27^2}$ = 0.354 MPa

2.5.2 Analisis mikrostruktur

Analisis mikrostruktur bertujuan untuk mengenal pasti keadaan matriks dan bahan tetulang setelah ujian haus dikenakan ke atas spesimen yang dihasilkan. Mikroskop Optik Nikon jenis SN:15584 dan Mikroskop Imbasan Elektron (SEM) digunakan bagi tujuan tersebut.

2.5.3 Ujian Kekerasan Vickers

Ujian kekerasan Vickers dilakukan pada setiap spesimen yang dihasilkan. Pengujian kekerasan ini diukur dengan menggunakan beban 20 kg dan dilakukan selama 4 saat. Ujian kekerasan Vickers dilakukan pada setiap komposisi spesimen yang mengambil kira 4 bahagian yang berlainan iaitu bahagian 1 merupakan bahagian tepi spesimen yang selari dengan arah mampatan, bahagian 2 merupakan bahagian permukaan iaitu bahagian yang pertama sekali menerima bebanan mampatan, bahagian 3 selari dengan arah mampatan tetapi merupakan belahan tengah spesimen dan bahagian 4 iaitu permukaan serong di dalam spesimen. Ujian kekerasan dilakukan pada 4 bahagian yang berbeza adalah bagi mengenal pasti purata kekerasan keseluruhan bahagian spesimen. Rajah 3 dilukis bagi menunjukkan bahagian-bahagian spesimen yang dinyatakan di atas.

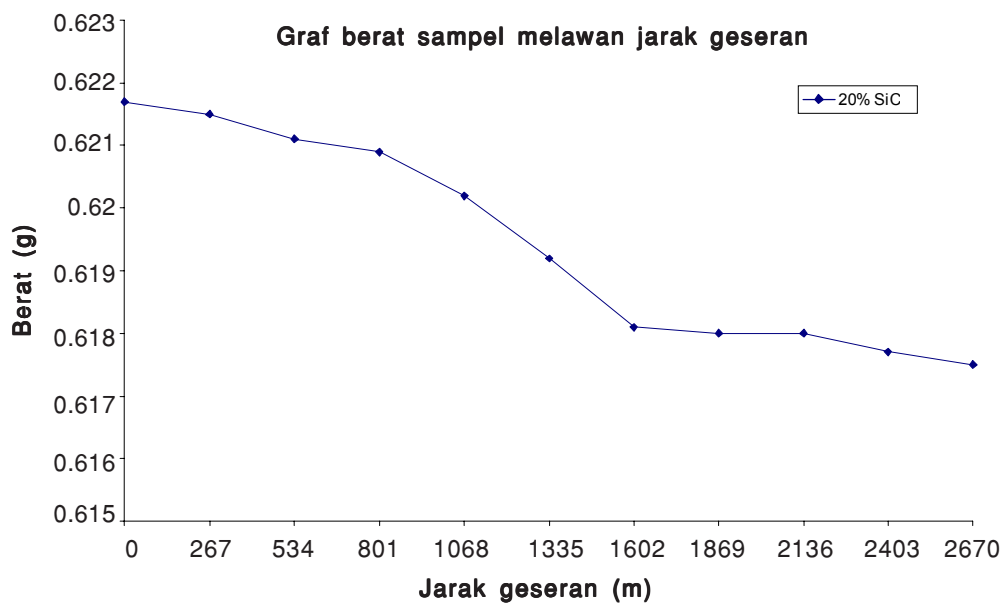


Rajah 3 Bahagian spesimen yang dilakukan ujian kekerasan Vickers

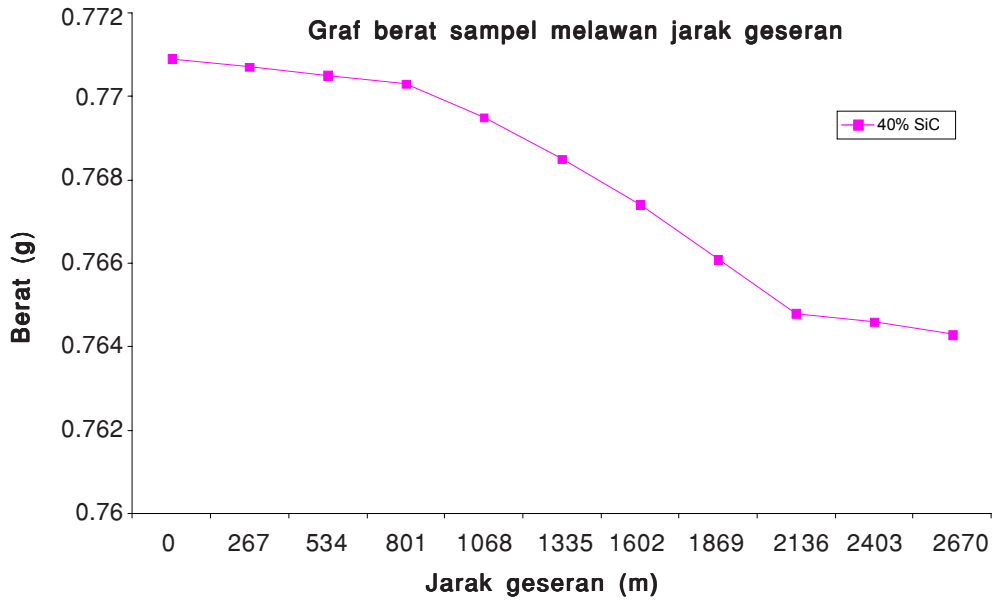
3.0 KEPUTUSAN

3.1 Ujian haus 'pin-on disc'

Graf berat spesimen melawan jarak geseran bagi Al tulen/SiC/20p dan Al tulen/SiC/40p ditunjukkan dalam Rajah 4 dan 5. Kedua-dua rajah tersebut menunjukkan perubahan berat spesimen yang menurun dengan pertambahan jarak geseran. Penurunan ini akan berlaku dengan perbezaan perubahan berat yang tinggi pada kawasan fenomenon haus dalam berlaku. Keadaan ini berlaku kepada kedua-dua spesimen. Selepas fenomenon haus dalam, perubahan berat spesimen mula menurun pada perubahan yang rendah berbanding semasa fenomenon haus dalam berlaku.

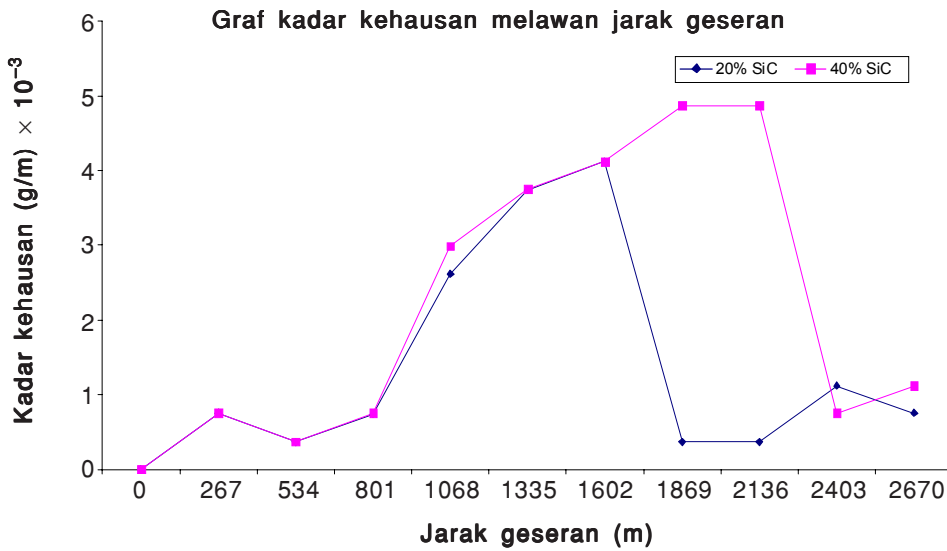


Rajah 4 Graf berat spesimen melawan jarak geseran bagi Al tulen/SiC/20p



Rajah 5 Graf berat spesimen melawan jarak geseran bagi Al tulen/SiC/40p

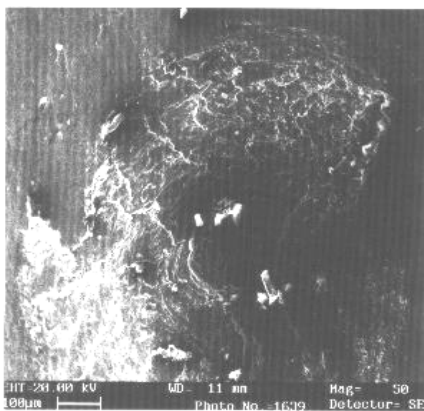
Manakala Rajah 6 menunjukkan bahawa rintangan terhadap haus akan meningkat dengan pertambahan daripada 20% partikel SiC kepada 40% partikel SiC. Ini berlaku kerana partikel SiC yang lebih banyak akan menambahkan rintangan haus spesimen tersebut.



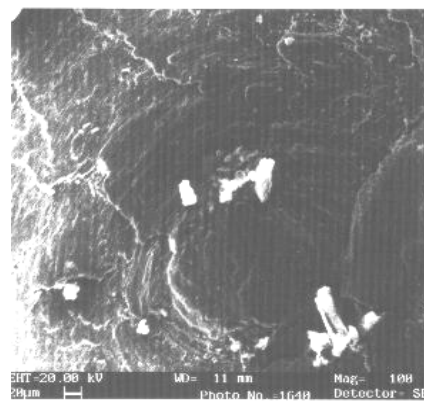
Rajah 6 Graf kadar haus melawan jarak geseran bagi Al tulen/SiC/20p dan Al tulen/SiC/40p

3.2 Kajian morfologi kehausan

Rajah 7 menunjukkan alur lelasan yang berlaku terhadap permukaan spesimen akibat digeserkan kepada permukaan cakera. Alur-alur lelasan ini berlaku semasa fenomenon haus dalam. Rajah 8 pula menunjukkan dengan jelas butiran partikel SiC yang terkeluar dari permukaan spesimen. Ini berlaku kerana matriks yang memegang partikel itu haus ketika fenomenon haus dalam. Keadaan ini akan meningkatkan lagi kadar haus pada permukaan spesimen. Apabila partikel itu lekang, maka fenomenon haus akan menjadi semakin buruk.



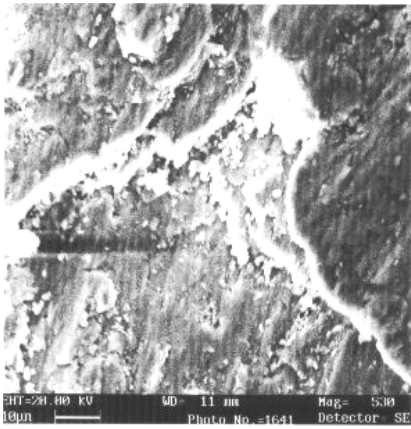
Rajah 7 Menunjukkan kesan-kesan alur haus lelasan pada permukaan spesimen selepas ujian haus menggunakan SEM dengan pembesaran 50X ke atas spesimen Al tulen/SiC/20p



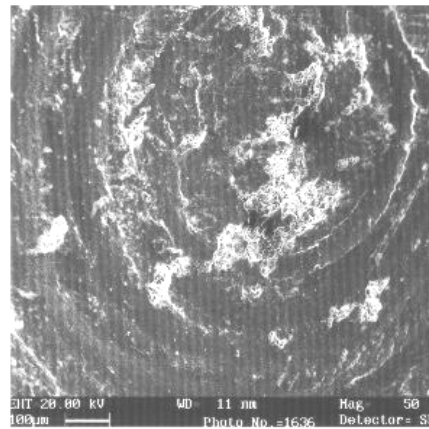
Rajah 8 Butiran partikel SiC yang terkeluar apabila matriks yang memegangnya telah haus dilihat melalui SEM dengan pembesaran 100X pada spesimen Al tulen/SiC/20p

Rajah 9 menunjukkan dengan jelas keadaan permukaan spesimen yang terlejang akibat lelasan semasa fenomenon haus dalam. Rajah 9 juga menunjukkan serpihan-serpihan kecil yang terdiri daripada matriks dan bahan tetulang pada permukaan yang rosak dan gerutu yang terbentuk akibat permukaan yang lekang itu. Manakala bagi Rajah 10 menunjukkan kawasan permukaan spesimen Al tulen/SiC/40p yang lekang dan alur-alur akibat haus lelasan berlaku pada kawasan yang berulir akibat kesan pemesinan. Kawasan berulir akan membentuk permukaan yang tidak rata serta berpuncak-puncak yang akan menyebabkan persentuhan permukaan cakera dan spesimen apabila dikenakan daya semasa ujian haus.

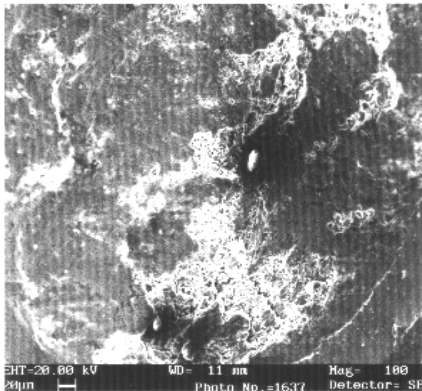
Rajah 11 menunjukkan partikel SiC yang terkeluar dari permukaan akibat daripada kesan matriksnya yang sudah haus semasa geseran berlaku. Namun begitu, keadaan ini berlaku sedikit sahaja jika dibandingkan dengan keadaan partikel SiC yang terkeluar dalam Rajah 9 bagi Al tulen/SiC/20p.



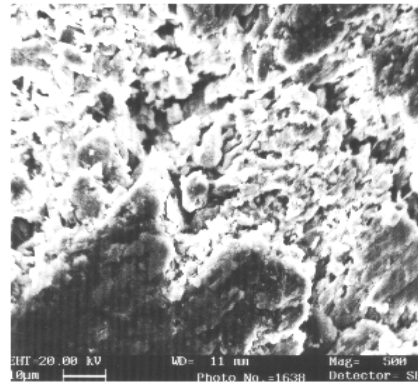
Rajah 9 Kawasan permukaan yang rosak akibat terlejang semasa haus lelasan berlaku dilihat di bawah SEM dengan pembesaran 500X pada spesimen Al tulen/SiC/20p



Rajah 10 Kawasan yang terlejang akibat daripada kesan haus lelasan iaitu kawasan yang ber-sentuhan dengan permukaan cakera di lihat di bawah SEM dengan pembesaran 50X pada spesimen Al tulen/SiC/40p



Rajah 11 Menunjukkan alur-alur lelasan yang terbentuk pada permukaan spesimen Al tulen/SiC/40p selepas ujian haus dilihat di bawah SEM dengan pembesaran 100X



Rajah 12 Permukaan spesimen Al tulen/SiC/40p yang mengerutu akibat lekangan permukaan yang berlaku semasa fenomena dilihat di bawah SEM dengan pembesaran 500X

Rajah 12 menunjukkan kawasan yang rosak akibat daripada proses haus. Ini juga menunjukkan kawasan yang lejang akan meninggalkan kesan gerutu yang lebih halus dan kecil jika dibandingkan dengan keadaan gerutu yang terbentuk pada permukaan Al tulen/SiC/20p dalam Rajah 8. Ini kerana permukaan yang terlejang pada spesimen Al tulen/SiC/40p melejang dalam bentuk kepingan yang lebih kecil.

3.3 Ujian kekerasan Vickers

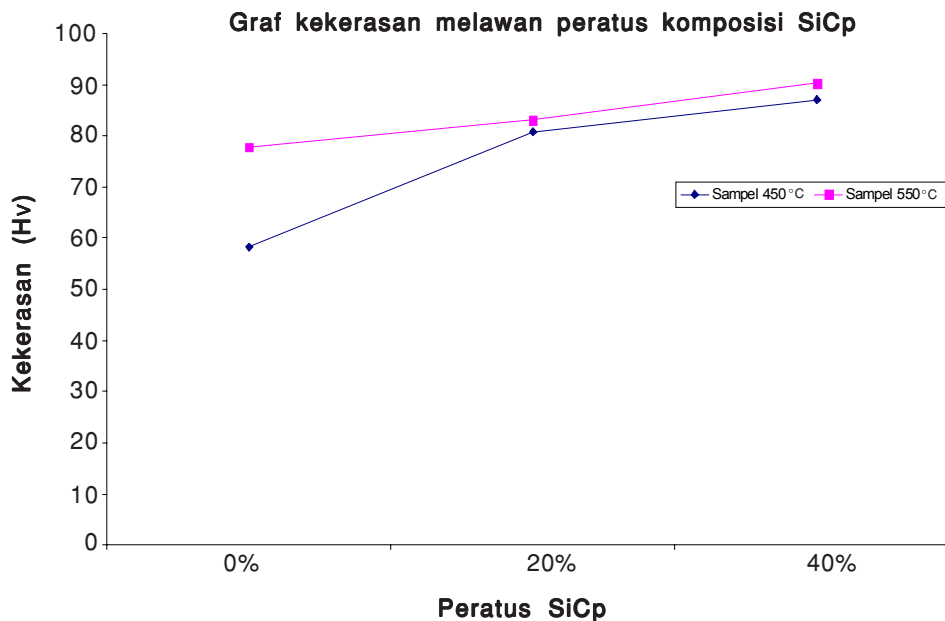
Nilai kekerasan spesimen pada suhu persinteran 550°C lebih baik daripada spesimen yang disinter pada suhu 450°C (rujuk Jadual 2 dan Jadual 3). Juga didapati bahawa semakin tinggi peratus kandungan partikel SiC dalam campuran matriks, maka semakin tinggi bacaan kekerasan yang diperolehi seperti yang dilukis dalam Rajah 13. Ini dapat disimpulkan bahawa partikel bahan tetulang yang bersifat keras dan tegar dapat meningkatkan kekerasan keseluruhan bahan. Ini adalah kerana daya yang dikenakan akan disebar dan dikongsikan bersama di antara matriks dengan bahan tetulang untuk meluaskan kawasan kenaaan daya yang memenuhi persamaan tekanan sama dengan beban per unit luas ($P=F/A$). Oleh itu, dengan pertambahan peratusan partikel SiC akan berlakunya pertambahan dari segi luas kawasan yang membolehkan peningkatan dari segi sifat-sifat fizikal dan mekanikal.

Jadual 2 Nilai kekerasan spesimen pada suhu pensinteran 450°C

Peratus berat partikel SiC (<20 µm)	Kekerasan (Hv)				Purata (Hv)
	1	2	3	4	
20%	79.3	84.0	79.8	79.9	80.8
40%	98.5	94.5	65.1	90.1	87.1

Jadual 3 Nilai kekerasan spesimen pada suhu pensinteran 550°C

Peratus berat partikel SiC (<20 µm)	Kekerasan (Hv)				Purata (Hv)
	1	2	3	4	
20%	101.3	76.8	75.5	78.8	83.1
40%	82.4	87.7	92.3	98.7	90.3



Rajah 13 Graf kekerasan spesimen melawan peratus komposisi partikel SiC bagi spesimen yang disinter pada suhu 450°C dan 550°C

4.0 PERBINCANGAN

4.1 Kesan daripada jarak geseran ke atas rintangan kehausan

Spesimen Al tulen/SiC/40p adalah menunjukkan sifat rintangan haus yang lebih baik daripada spesimen Al tulen/SiC/20p. Ini bermakna dengan pertambahan kandungan partikel SiC dalam matriks, ia dapat menambahkan lagi rintangan haus spesimen terhadap haus kering.

Manakala kadar haus pada spesimen Al tulen/SiC/20p akan meningkat dari julat jarak 0 hingga 1602 m dan bagi spesimen Al tulen/SiC/40p pula julatnya berada pada jarak 0 hingga 2136 m. Fenomena ini dipanggil sebagai haus dalam yang juga dapat menunjukkan bahawa rintangan haus bagi spesimen Al tulen/SiC/40p adalah lebih baik berbanding spesimen Al tulen/SiC/20p. Ini kerana ia mempunyai julat yang lebih panjang sebelum kadar hausnya mulai menurun. Bagi kedua-dua spesimen selepas fenomenon haus dalam berlaku, kadar haus akan mula berkurang sehingga ke jarak 2670 m iaitu pada putaran yang ke 10 000. Bagi melihat kadar haus spesimen, berat spesimen telah dijadikan sebagai keadaan yang diuji.

Perubahan mekanisme haus juga dapat dilihat semasa ujian haus kering itu dijalankan. Pada mulanya haus jenis lelasan akan berlaku semasa fenomenon haus dalam berlaku. Selepas itu mekanisme haus jenis pengoksidaan akan terjadi selepas fenomenon haus dalam. Ini dapat dilihat dengan penghasilan serbuk berwarna hitam pada permukaan cakera besi tuang tersebut. Akhir sekali fenomenon haus rekatan akan berlaku kepada spesimen.

4.2 Kesan pertambahan pecahan berat partikel SiC ke atas rintangan haus

Logam monolitik aluminium mempunyai rintangan terhadap haus yang rendah. Uji kaji ini menunjukkan bahawa dengan pertambahan partikel SiC dalam matriks aluminium, rintangan terhadap kehausan spesimen akan meningkat.

Nilai kekerasan spesimen juga akan meningkat dengan pertambahan pecahan berat partikel SiC. Pertambahan nilai kekerasan ini juga mempunyai perkaitan terhadap rintangan haus spesimen. Daripada data kekerasan yang diperolehi, dapat diterangkan bahawa rintangan haus meningkat dengan pertambahan kekerasan spesimen.

Semasa daya 10 N dikenakan kepada spesimen, daya tersebut akan dipindahkan oleh matriks aluminium kepada partikel SiC. Ini kerana bahan tetulang partikel SiC itu adalah lebih kuat daripada matriks aluminium yang sekali gus akan meningkatkan rintangan haus. Cara ini dapat melindungi matriks aluminium daripada haus dengan lebih teruk semasa geseran kering berlaku dengan cakera besi tuang. Pertambahan pecahan berat bahan tetulang partikel SiC akan memberikan lebih perlindungan terhadap matriks aluminium. Oleh itu, didapati bahawa rintangan haus spesimen Al tulen/SiC/40p lebih baik daripada spesimen Al tulen/SiC/20p.

4.3 Mekanisme haus

Mekanisme haus yang berlaku pada kajian ini melalui beberapa peringkat seperti yang ditunjukkan dibawah.

4.3.1 Haus lelasan

Untuk haus lelasan ini berlaku, salah satu bahan yang bersentuhan mestilah mempunyai kekerasan atau kekuatan yang lebih tinggi berbanding dengan bahan yang satu lagi dan kekerasan minimum untuk haus ini berlaku ialah 1.5Hv [7]. Fenomenon ini berlaku pada spesimen apabila daya geseran dikenakan kepada spesimen yang bergerak secara tangen dengan permukaan cakera. Pada ketika itu permukaan spesimen dan cakera bersentuhan antara satu sama lain. Ini menyebabkan terbentuknya satu simpang tenaga pada permukaan yang bersentuhan itu. Apabila spesimen mula bergerak di atas permukaan cakera, jumlah tenaga pada simpang tenaga itu akan meningkat dan akhirnya akan menyebabkan permukaan yang bersentuhan itu melekung dari permukaan asalnya. Keadaan haus lelasan ini juga berlaku kerana terdapatnya faktor perbezaan kekerasan antara permukaan spesimen dengan cakera. Permukaan cakera adalah lebih keras daripada permukaan spesimen yang bersentuhan. Oleh itu, permukaan spesimen itu akan mudah terlejang kesan daripada mekanisme haus lelasan.

Fenomenon lelasan ini terjadi ketika berlakunya fenomena haus dalam. Pada keadaan ini bahan akan cepat haus kerana terdapatnya perbezaan kekerasan dan simpang-simpang tenaga yang wujud pada permukaan yang bersentuhan. Keadaan

lelasan ini berlaku pada julat jarak 0 hingga 1602 m bagi spesimen Al tulen/SiC/20p dan bagi spesimen Al tulen/SiC/40p pula julatnya berada pada jarak 0 hingga 2136 m. Ini menunjukkan bahawa rintangan haus spesimen Al tulen/SiC/40p adalah lebih baik kerana penambahan partikel SiC itu menghasilkan satu permukaan yang lebih keras.

4.3.2 Haus pengoksidaan

Selepas berakhirnya keadaan haus dalam, haus lelasan akan bertukar kepada haus pengoksidaan. Ini berlaku kerana terdapatnya peningkatan suhu pada permukaan spesimen yang bergeser dengan permukaan cakera. Peningkatan suhu ini berlaku adalah disebabkan geseran yang lama pada jarak yang panjang.

Peningkatan suhu ini menyebabkan perubahan kekerasan pada permukaan spesimen yang bergeser itu. Ini menyebabkan permukaan tersebut mudah haus apabila terus digeserkan pada permukaan cakera. Suhu yang meningkat dan pendedahan permukaan spesimen kepada udara memudahkan lagi berlakunya haus pengoksidaan.

Haus pengoksidaan berlaku selepas fenomena haus dalam terjadi. Ia akan menggantikan tempat haus lelasan semasa fenomena haus dalam berlaku. Hasil daripada haus pengoksidaan ini dapat dilihat dengan terbentuknya serbuk berwarna hitam pada permukaan cakera selepas jarak 1602 m bagi spesimen Al tulen/SiC/20p dan 2136 m bagi spesimen Al tulen/SiC/40p. Serbuk hitam itu adalah permukaan spesimen yang telah haus dan teroksida dari permukaan asalnya.

4.3.3 Haus rekatan

Hausan rekatan akan mengambil alih tempat haus pengoksidaan apabila beban yang dikenakan menjadi kritikal kepada permukaan spesimen yang bergeser kerana pembebanan ini akan menyebabkan permukaan yang sudah lemah itu akan mudah mengalami rekatan pada permukaan cakera. Kesan terjadinya rekatan ini membantu kepada haus jenis rekatan berlaku pada permukaan spesimen tersebut.

Parameter utama yang mempengaruhi beban kritikal pada ujian haus kering ialah saiz partikel, bentuk bahan tetulang yang digunakan dan jumlah peratus pecahan bahan tetulang. Beban kritikal bermaksud beban maksimum yang boleh ditampung oleh spesimen sebelum gagal haus. Penambahan pecahan peratus bahan tetulang akan meningkatkan lagi nilai beban kritikal yang boleh ditampung oleh spesimen. Oleh itu, penambahan pecahan bahan tetulang akan mengurangkan berlakunya haus rekatan.

5.0 KESIMPULAN

Rintangan haus komposit matriks aluminium yang dihasilkan melalui kaedah metalurgi serbuk meningkat bila peratusan meningkat daripada 20 ke-40% berat bahan tetulang partikel SiC. Sifat kekerasan bahan juga mengalami peningkatan dengan

pertambahan 20% ke 40% partikel SiC ini. Oleh itu, secara keseluruhannya dapat disimpulkan bahawa:

1. Rintangan haus spesimen Al tulen/SiC/40p adalah lebih baik berbanding dengan spesimen Al tulen/SiC/20p.
2. Fenomena haus yang berlaku semasa pengujian haus kering dilakukan akan menunjukkan tiga peringkat haus iaitu haus lelasan, haus pengoksidaan dan haus rekatan mengikut jarak geseran dan beban normal pada spesimen.
3. Kehilangan berat spesimen akan meningkat dengan pertambahan jarak geseran kesan daripada haus yang berlaku.
4. Keadaan fenomenon haus dalam spesimen Al tulen/SiC/20p berlaku pada jarak 0 hingga 1602 m dan pada jarak 0 hingga 2136 m untuk spesimen Al tulen/SiC/40p.
5. Peningkatan kekerasan spesimen setakat komposisi yang dikaji memberikan sifat rintangan haus yang lebih baik.

RUJUKAN

- [1] Feest, E. A dan J. H, Tweed. 1991. *Powder Metallurgy Composites, Powder Metallurgy-An Overview*. The Institute of Metals: North American Publications Center.
- [2] Schwartz, M. M. 1996. *Composite Materials: Properties, Nondestructive Testing and Repair*. Dlm. Bernard M. Goodwin, *Vol. 1*. Prentice Hall.
- [3] O'Donnell, G. dan Looney, L. 2001. Production of Aluminium Matrix Composite Components Using Conventional PM Technology, *Elsevier Science B.V.*: 292-301
- [4] Dowson, G. 1990. *Powder Metallurgy - The Process and its Products*. Bristol & New York, Adam Hilger.
- [5] Simons, E. N. 1977. *Metal Wear: A Brief Outline*. Frederick Muller Limited.
- [6] Jamaliah Idris, T. J. Chong. 1999. Wear Mechanisms of Mg AZ91 Composites Under Dry Sliding Condition. *The 8th Scientific Conference Electron Microscopy Society Malaysia*.
- [7] Tabor, D. 1977. *Wear - A Critical Synoptic View, Wear of Materials*. The American Society of Mechanical Engineers.